# 天山第四纪冰川擦痕特征及分布规律

熊黑钢 刘耕年 张 兵 宋长青

新疆大学地理系, 乌鲁木齐 830046 北京大学城环系, 北京 100871 昆明工学院地质系, 昆明 650093 中国科学院植物所, 北京 100044

摘要 根据冰蚀痕迹的统计数据,着重讨论了天山高山地区冰岩界面形成过程和冰川擦痕分 布规律。典型的冰碛岩一般有擦面和擦痕。冰川槽谷的横剖面上,从侧部向中部,擦痕密度逐渐 增大,槽谷的谷壁向谷底的转折处是擦痕密度由小转大的突变点(拐点),反映了磨蚀作用不断 增强。而冰坎的擦痕密度则呈现较大的波动。冰坎迎冰面的粗大擦痕密度远比槽谷中的擦痕密 度大。羊背石从顶部到侧部,擦痕密度由大变小。

关键词 天山 冰川擦痕 冰底过程

中图法分类号 P343.6

在判断第四纪古环境中,对擦痕都比较重视,认为是可靠的鉴别标志之一。但实际上由于 冰碛石擦痕的特征,分布规律尚缺乏深入的研究,大多只是从擦痕形态上来鉴别,因此,造成一 些判断上的失误。我们在天山冰川发育地,对现代的和古的冰碛石及冰坎、槽谷、羊背石、鲸背 岩等冰蚀地貌上的冰川擦痕及其分布规律进行了系统的定量、半定量的测量和统计。为了确保 所测得的数据可靠,我们的测量首先是在同一时期形成的冰蚀地貌上进行,这样就避免了不同 时期的冰蚀地貌可能因冰川挤压和磨蚀程度的差异,以及由于从冰下暴露出来的时间不同,产 生的各种变化所造成的测量误差。其次,我们找同一种岩性的冰蚀地貌进行测量,消除可能因 岩性差异造成的擦痕形态不同,以便更好地认识冰川底部的动力状况。

1 冰碛石特征

11 擦面

2

典型的冰碛石多为次棱角状,一般呈多边形。其表面布满了细微的小擦痕,由这些细小的 擦痕组成的面即为冰碛石擦面。它是砾石与冰川底部存在的大量细颗粒物质摩擦所致。

国家自然科学基金、中国科学院冰川所天山站基金资助项目

第一作者简介: 熊黑钢, 男, 1956 年生, 1982 年毕业于新疆大学地理系, 1991 年在北京大学获博士学位, 教授, 从事第四 纪地质研究

收稿日期: 1998-07-20

#### 12 擦痕

擦痕形态各异,其最重要的特征是:擦痕出现的主要方向是平行砾石的A 轴。这是砾石在 冰底运动过程中,调整自己的方位形成的。

擦痕和擦面两者是同一过程中不同粒径的颗粒摩擦的产物,鉴别时缺一不可。其它成因的 砾石,没有这一特点。例如,泥石流沉积中的砾石,无论擦痕形态如何,由于其在运动中并不象 冰碛石长轴平行于冰川前进方向,沿短轴(C 轴)滚动,故擦痕多平行于 C 轴,但砾石在运动中 任意方向的擦痕都可产生。同时其擦痕不是产生在一个擦面上,而是形成在一个"光'面上,这 个所谓"光'面可以是岩石从原岩体上崩落下来的解理面,小裂隙面以及其它"原始面"。因为它 不存在冰碛石擦面形成的机制。泥石流是快速运动的,砾石以跳跃、滚动前进为多,同底部摩擦 的机率较少,不可能产生擦面。

2 擦痕分析

7

#### 2.1 擦痕指标的选择

冰坎、槽谷、羊背石、鲸背岩等冰蚀地貌的表面常常布满了擦痕。由于擦痕的宽度、深度、长 度等都不相同,在进行统计之前必须找出一个既易于测量又能反映冰川动力状况的擦痕指标, 这样才能更好地讨论在同一地貌体的不同部位,冰岩界面之间的关系和冰川底部的动力状况。 在此基础上统计出的定量、半定量的指标才更有科学性。根据现场观察,我们认为在对擦痕宽 度分级的基础上,测量出的擦痕密度作为统计的指标较为合适,理由如下:

一般对擦痕的统计可从其长度、宽度、深度三方面入手。在基岩为同一岩性的条件下,擦痕的长度易受基岩形态的影响。若基岩平坦宽广,长度有充分发展的可能,擦痕长而连续。反之则短小不连续。因此,以擦痕的长度为统计指标,很难反映冰川底部的动力状况及过程。而擦痕的深度一般多为 1~3 mm,不易测量,且容易造成测量的误差,以其为统计指标显然也是不合适的。

擦痕的宽度明显易见,容易测量和分级。同时擦痕宽度与深度成正比,即宽度愈大,深度也愈深,反映的冰川磨蚀力愈强。更重要的是在对擦痕宽度分级基础上统计出的擦痕密度,既很少受基岩表面坡度等因素的影响,又能较好地反映冰川底部的动力过程。一般在同一地区、一种岩性条件下,擦痕密度愈大,说明冰川底部的磨蚀作用愈强。这样统计出的指标能很好地反映该地区冰川磨蚀动力的强弱。

由于擦痕的宽度不同, 在很多情况下是相互包容的, 即在宽大的高一级擦痕中包含着细小的次一级擦痕。因此, 我们在统计中首先将它们按宽度进行了分级。对擦痕进行了大量观察后 提出的擦痕宽度分级指标见表 1。宽度超过 10 cm 的擦痕, 其深度已达到几厘米, 可以认为已 属刻槽范畴。

	Table 1 Index for	classification of stria width	单位: cm
级别	一级擦痕	二级擦痕	三级擦痕
指标	2.5~ 10	0.4~ 2.5	< 0.4

表1 擦痕宽度的分级指标

#### 2.2 擦痕密度的空间分布特征

在上述分级的基础上,我们在乌鲁木齐河源的一号冰川东支末端槽谷、七号冰川冰坎左侧 以及古班博格多河谷最高冰坎等地分别对擦痕密度作了统计。 三个统计区的情况见表 2。

Table 2 M orphological condition of the research areas						
地点	海拔(m)	地貌部位	坡 向	距现代冰川末端 的距离(m)	推测出露时间(a)	
一号冰川前	3 700~ 3 750	冰川谷	天山北坡	10~ 50	3~ 10	
七号冰川前	3 850 ~ 3900	冰坎	天山北坡	10~ 15	3~ 10	
古班博格多	3 600~ 3 650	冰坎	天山南坡	100~ 130	30~ 50	

表 2 擦痕密度统计区情况

需要指出的是,这里的基岩从冰下出露的时间都不长,擦痕清晰,易于分级、测量。 据统计 数据, 我们分别做出了一号冰川东支末端槽谷(图 1)及七号冰川冰坎左侧(图 2)不同级别的擦 痕密度分布图。

从图中可知冰川槽谷内及冰坎上的擦痕密度分布有如下特点:

(1) 槽谷内, 从谷壁到谷底, 擦痕密度逐渐增大。这一点在二、三级擦痕密度分布上表现得 尤为明显(图1-A,B)。这可能意味着磨蚀作用从谷壁到谷底逐渐加强,而拔蚀作用则正好相 反。

(2) 一号冰川东支末端槽谷的一、二、三级擦痕密度分布曲线在 50 m 左右处均有一个明 显的拐点,即擦痕密度由小向大转换的突变点。这个拐点恰好是谷壁与谷底之间的转折点。表 明谷壁部位冰川的磨蚀作用较弱,以另一种侵蚀作用——拔蚀作用为主<sup>11</sup>。谷底则是强烈的冰 川磨蚀部位、大量的谷底岩石碎屑在上覆冰川的压力下、向前运动过程中在谷底基岩面上形成 擦痕。 而谷壁的碎屑一方面受到的冰川压力小,另一方面受重力影响由谷壁向谷底下滑。 其运 动方向与冰川运动方向相反,形成擦痕的机会少。

(3)冰坎上的擦痕密度分布曲线虽有向中部递增的趋势,但仍可看出与槽谷的擦痕密度相 比,其二、三级擦痕密度有较大的波动(图 2-D, E)。据 Em bleton 等研究,"在羊背石、鲸背岩等 冰下基岩阻碍物的顶部冰的流线不变, 而侧部冰流线转向 "2"。这种局部的分流作用. 使得冰川 底部含碎屑的冰向不同的方向流动,因而造成擦痕密度在阻碍物顶部和侧部的差异。

由于羊背石顶部比较平坦, 弧度小, 碎屑主要受冰川向下的压力及向前的力影响, 擦痕保 持一定的密度。而侧部由于弧度大、分流作用下、向前运动的力分解为向前和向侧方的两个力。 同时,侧向上底部含碎屑的冰加厚,使得正压力减小,部分早期刻蚀羊背石表面的碎屑,在侧部 脱离擦痕的小凹槽进入含碎屑的底冰层,造成侧部擦痕密度相对减小。其它地区的研究也显示 了类似的现象<sup>[3,4]</sup>。

一般冰坎由多个羊背石组成。 从谷壁向中心,羊背石的高度、长度、 宽度都逐渐减小。 各羊 背石之间都有陡坎, 因此, 造成冰川底部局部分流作用强, 流速差异大, 这种变化对羊背石表面

390

350(

的擦痕走向、分布及特征起着控制作用。 A

350 J 300 300 密度 / 糸・米 - 1 250 250 密度/糸・米 傷点 200 200 150 150100 100 50 50 0L U 0 15 20 ō 100 150 200 5 10 25 30 35 40 45 50 55 60 50 //m /, m В 50 E 70 j 拐点 40 60 密庫/糸・米-1 \*\*\* 50 30 40 20 30 感運 20 14 10 ð 이 0 100 200 ŋ 50 150 10 15 20 23 30 35 40 45 50 55 60 //m 5 1 / m С F 12 拐点 10 密度 / 条・米 -1 張取/子 木 9 6 2 0 0 100 50 ō 150 200 ō 10 15 20 35 40 45 50 5 25 30 55 60 1/m / / m 图 1 一号冰川东支末端槽谷擦痕密度分布图 七号冰川冰坎左侧擦痕密度分布图 图 2 Fig 1 Stria density on the trough in front Fig 2 Stria density on the left side of No 1 Glacier in front of No 7 Glacier —三级密度分布; B——二级密度分布; -三级密度分布; E——二级密度分布; A -D-C——一级密度分布 —一级密度分布 F-

总之在羊背石组成的冰坎表面,擦痕分布的规律是顶部密度大,侧部密度小。 从古班博格 多河谷组成最高冰坎的羊背石前后的顶部及侧部,统计出的三级擦痕密度分布图(图3)可以 清楚的看到这一特点。

(4)七号冰川冰坎处的一、二级擦痕密度比一号冰川末端槽谷的大(图 1-B, C, 图 2-F, E),

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2

D



显示了冰坎处冰川推挤强、压力大,冰岩界面上的碎屑受冰川强大的挤压,在基岩表面形成较

图 3 古班博格多河谷上游冰坎三级擦痕密度分布图 Fig 3 Density of the third class tria on glacial bar at the head area of Gubanbogdo River

#### 多的粗大擦痕。

(5) 一级擦痕密度分布曲线所显示的规律不明显, 造成的原因可能有二: 一是粗大砾石在 冰川底部的分布可能不均匀。一级擦痕的宽度 2 5~ 10 cm, 要形成如此大的擦痕, 必须有更大 的砾石来刻蚀。Em b leton 和 Thornes 认为对于形成擦痕来说, 碎屑的大小可能更为重要<sup>[5]</sup>。因 为它部分地控制了施加于基岩上的压力。擦痕不仅仅是由冰川底部相等粒径的砂粒刻蚀而成, 更多的是由冰岩界面上更大的岩石碎屑的尖锐棱角所刻蚀出的。由于粗大碎屑在冰底不如细 小碎屑多, 且分布不均匀, 故其形成的擦痕密度的规律性不明显。二是冰川底部因局部小地形 的影响, 局部分流作用强, 大砾石更易受分流作用的影响。

### 3 结论

(1)冰川底部不同地貌体所受的冰川动力过程不同,因此,造成其上擦痕分布有较大的差异。在横剖面上,从侧部向中部冰川槽谷的擦痕密度逐渐增大,而冰坎的擦痕密度呈现较大的 波动。前者是因磨蚀作用逐渐加强,后者的波动主要是由于冰底地貌体的起伏,引起局部冰流 方向的变化所致。

(2) 同一地貌体因弧度或所处的部位不同, 擦痕密度也有较大变化。冰川槽谷谷壁擦痕密度小, 谷底中部密度大, 其转折处擦痕密度有一个明显的突变点。而羊背石从顶部到侧部, 擦痕密度由大变小。

(3) 冰坎迎冰面的粗大擦痕密度远比槽谷中的擦痕密度大。但在槽谷、冰坎和羊背石本身, 超过 2.5 cm 以上的粗大擦痕密度,没有明显的分布规律。

冰川地区各种冰蚀地貌表面的冰川擦痕分布是有规律可寻的,冰岩界面的动力过程在冰 蚀地貌表面分布的变化,决定了冰川擦痕的分布特点。同时其分布和形态的不同也正反映了形 成机制的不同。

#### 参考文献

1 崔之久.天山乌鲁木齐河源冰川侵蚀地貌与槽谷演化.冰川冻土, 1981, (增刊): 1~5

393

- 2 Embleton C, King C. Glacial Geomophology. London: Edward A rnold, 1975. 181~ 204
- 3 Chorley R, Schumm S, Sugden D. Geomorphology: London: Metheun 1984 445~ 449
- 4 Sugden D, John B. Glaciers and L and scape London: Edw ard A rnold, 1979. 168~ 209
- 5 Em bleton C, Thornes J. Process in Geomophology. London: Edward A rnold, 1979. 272~ 306

## STR IA D ISTR IBUTION AND SUBGLACIAL PROCESSION EROSIONAL LANDFORM IN TIANSHAN MOUNTA INS

Xiong HeigangLiu GengnianZhang BingSong ChangqingDepartment ofGeography, Xinjiang University. Urum qi830046Department ofUrban Environment, Peking University. Beijing100871Department ofGeology, EngineeringCollege of Kunning, Kunning650093Institute ofBotany, A cademia Sinica, Beijing100044

**Abstract** Based on the data of glacial striation measurement from alpine glacial areas in Tianshan Mountains, the process at ice and bedrock interface was considered in the paper. Field measurement shows that density of striation increases gradually from both sides to centre section of troughs. It indicates that abrasion increases and plucking decreases from trough walls to centre bed. There is a sudden changing point from trough walls to centre bed, at which the stria density changes from a few to tens per meter. The scale of striation size is greater at glacial bars than at trough bottom. The erosional features are fairly regular on roche mountonnee. The long and straight stria often appers on top of roche mountonnee, crescentic fractures, short stria and cracks on head-on side

Key words Tianshan Mountains striation density subglacial process